

**Л.Б. КАЩЕЕВ**, канд. техн. наук, **Д.А. СТОГНИЙ**

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТЫХ АЛГОРИТМОВ МОРФИНГА**

В статті розглянути алгоритми обробки графічних зображень для покрокового перетворювання одного зображення в інше – морфінг. Здобута таким чином послідовність слайдів може використовуватися в анімації, рекламі, презентаціях.

Благодаря развитию программного обеспечения и увеличению требований к обработке изображений в рекламе, фильмах, видео роликах можно увидеть эффект "переливания" одного изображения в другое – "морфирование изображений". Морфинг – это плавное превращение одного изображения в другое, во время которого конкретный элемент исходного изображения "перетекает" в элемент результирующего изображения. Например, с помощью морфинга можно наблюдать за процессом эрозии природных объектов или старения человеческого лица.

Для реализации морфинга существует несколько методов: геометрический, цветовой, трансформационный, лучевой.

Входными данными геометрического морфинга являются два объекта: начальный и конечный. Каждый из этих объектов задается каркасной моделью (а если это графическое изображение, то на исходное и конечное изображение накладывается сетка), задаваемая множеством узлов. К примеру, при создании фоторобота узлами сетки являются характерные точки лица, у архитектурных объектов – углы дома, положение окон и др. В процессе геометрического морфинга каждый узел исходного изображения плавно трансформируется в соответствующий узел конечного. Координаты промежуточного положения узла (для данного кадра  $t$ ) можно рассчитать по формулам:

$$x(t) = \left(1 - \frac{t}{m}\right) \times x_n + \frac{t}{m} \times x_k, \quad (1)$$

$$y(t) = \left(1 - \frac{t}{m}\right) \times y_n + \frac{t}{m} \times y_k, \quad (2)$$

где  $m$  – количество кадров промежуточных фаз преобразования,  $(x_n, y_n)$  – координаты узла начальной сетки,  $(x_k, y_k)$  – координаты соответствующего ему узла конечной сетки.

Метод цветового морфинга основывается на слиянии двух изображений, А и В. При этом в качестве цвета для каждой точки нового изображения берется смесь цветов соответствующих точек А и В в заданной пропорции. Степень влияния выражается в процентах. Для первого кадра влияние А – 100%, В – 0%, для последнего кадра В – 100%, А – 0%. Об остальных кадрах

можно сказать следующее: по мере увеличения номера кадра вклад А уменьшается, а вклад В увеличивается. Цвет промежуточной точки для кадра  $t$  рассчитывается по формуле:

$$c = c_1 + (c_2 - c_1) \times \frac{t}{m}, \quad 0 \leq t \leq m, \quad (3)$$

где  $c_1$  и  $c_2$  – цвет точки начального и конечного изображения,  $t$  – номер формируемого кадра,  $m$  – количество промежуточных фаз преобразования.

Трансформационный метод зависит от требуемого качества, скорости и способа задания соответствия элементов изображения. Удобно задавать соответствие сеткой. Сетку накладывают как на исходное, так и на конечное изображение.

Трансформационный метод объединяет в себе цветовой и геометрический морфинги и состоит из трех частей:

- tweening (движение сетки – геометрический морфинг);
- warping (искривление);
- dissolving (растворение – цветовой морфинг).

Tweening – интерполяция двух изображений для получения плавной анимации. Например, если соответствие элементов изображений задано точками, то интерполяцией положений точек можно получить промежуточные соответствия.

Warping (коробить, искривлять) – «втискивает» пиксели, принадлежащие начальному четырехугольнику, в соответствующий четырехугольник формируемого кадра. Расчет каждой точки этого изображения осуществляется по математическим формулам в зависимости от соответствия элементов изображения, которое задал художник. Во время warping'a элементы изображения пытаются принять положение и форму элементов второго изображения. Warping – самый сложный этап в формировании промежуточного кадра. Он делится на два подэтапа:

- определение геометрического положения пикселя в начальном и конечном кадре по методу парных точек;
- определение цвета пикселя в промежуточном кадре. Для этого применяется билинейная интерполяция.

Dissolving – слияние двух изображений, при котором в качестве цвета каждой точки нового изображения берется смесь цветов соответствующих точек двух исходных изображений в заданной пропорции.

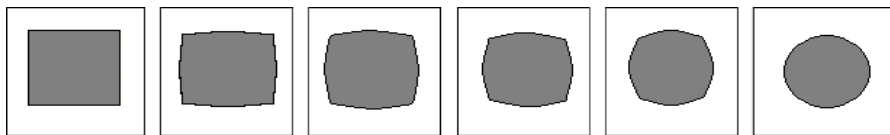


Рис. 1.

На рис.1 представлена серия кадров преобразования «квадрата» в «круг» за 5 шагов.

Аддитивная цветовая модель RGB используется для описания цветов, которые получаются с помощью устройств, основанных на принципе излучения. В качестве основных цветов выбран красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue) [1], рис. 2. Иные цвета и оттенки получаются смешиванием определенного количества указанных основных цветов.



Рис. 2.

Был проведен эксперимент, подставляя в формулу (3) усредненные компоненты цвета, получаем не плавный переход из желтого цвета, усредненная компонента которого равна 65535, в фиолетовый цвет, усредненная компонента которого равна 15145124. Результат этого преобразования приведен на рис. 3.



Рис. 3.

На рис.3 видно, что первый и последний кадры соответствуют поставленной задаче, а промежуточные кадры не соответствуют. Такой результат получен из-за того, что мы не учли основной закон колориметрии, говорящий о том, что цвет трехмерен. Поэтому нам следует усредненную компоненту цвета расщепить на RGB составляющие цвета. Также мы можем проследить изменение усредненного значения цвета и RGB составляющей цвета. В про-

граммном обеспечении, работающим с растровыми изображениями, цвет храниться в четырех байтах и записывается справа налево [2]. Пример представления записи цвета изображен на рис. 4.

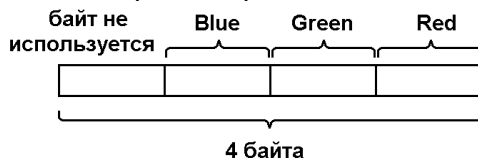


Рис. 4.

Для того чтобы получить требуемый результат необходимо (3) применять для каждой из трех компонент цвета, т.е. (3) преобразуется в следующий вид:

$$\begin{cases} c_r = c1_r + (c2_r - c1_r) \times \frac{t}{m} \\ c_g = c1_g + (c2_g - c1_g) \times \frac{t}{m} \\ c_b = c1_b + (c2_b - c1_b) \times \frac{t}{m} \end{cases} \quad (4)$$

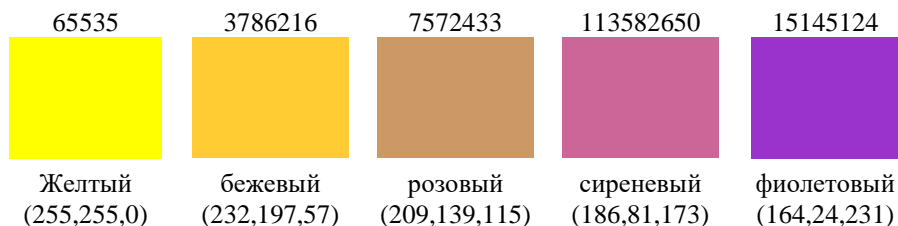


Рис. 5.

На рис.5 видно, что первый и последний кадры соответствуют поставленной задаче, а также и промежуточные кадры плавно переходят из начального в конечное изображение.

Таким образом, были рассмотрены несколько методов морфинга, который наиболее распространен в рекламе, цифровой анимации, графическом редактировании.

**Список литературы:** 1. Дунаев В.В., Дунаев В.В. Графика для WEB. - СПб., БХВ-Петербург: 2003. 640 с. 2. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики.- СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.

Поступила в редколлегию 11.03.05